



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

# AKTUELLER STAND DER ENDLAGERSUCHE

Behördenseminar der  
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS)

LISA SEIDEL, THOMAS BEVER  
Online-Veranstaltung, 15.12.2022

# AKTUELLER STAND DER ENDLAGERSUCHE

01

STANDORTAUSWAHLVERFAHREN

02

REPRÄSENTATIVE VORLÄUFIGE  
SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

03

PLANUNGSWISSENSCHAFTLICHE ABWÄGUNGSKRITERIEN

# AKTUELLER STAND DER ENDLAGERSUCHE



04

STANDORTBEZOGENE ERKUNDUNGSPROGRAMME FÜR  
ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNG IN PHASE II

05

ENDLAGERBEHÄLTERENTWICKLUNG

06

AUSBLICK

# ALLGEMEINES ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS (1/2)

<b>AP</b>	Arbeitspaket(e)
<b>BASE</b>	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
<b>ELBRock</b>	BGE-Vergabeprojekt „Endlagerbehälterentwicklung für Kristallingestein“ (Englisch: Crystalline Rock)
<b>EndSiUntV</b>	Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung
<b>ewG</b>	einschlusswirksamer Gebirgsbereich
<b>FKTG</b>	Fachkonferenz Teilgebiete
<b>geoWK</b>	geowissenschaftliche Abwägungskriterien
<b>GOK</b>	Geländeoberkante
<b>PFE</b>	Planungsgruppe Forum Endlagersuche



# ALLGEMEINES ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS (2/2)

<b>planWK</b>	planungswissenschaftliche Abwägungskriterien
<b>rvSU</b>	repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
<b>safeND</b>	„safe Nuclear Disposal“. Statuskonferenz des BASE
<b>StandAG</b>	Standortauswahlgesetz
<b>TLB</b>	Transport- und Lagerbehälter
<b>vSU</b>	vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
<b>W+T</b>	Wissenschaft und Technik
<b>wvSU</b>	weiterentwickelte vorläufige Sicherheitsuntersuchungen



# STANDORT- AUSWAHLVERFAHREN

# 01

# STANDORTAUSSWAHLVERFAHREN

## Grundprinzipien des Verfahrens

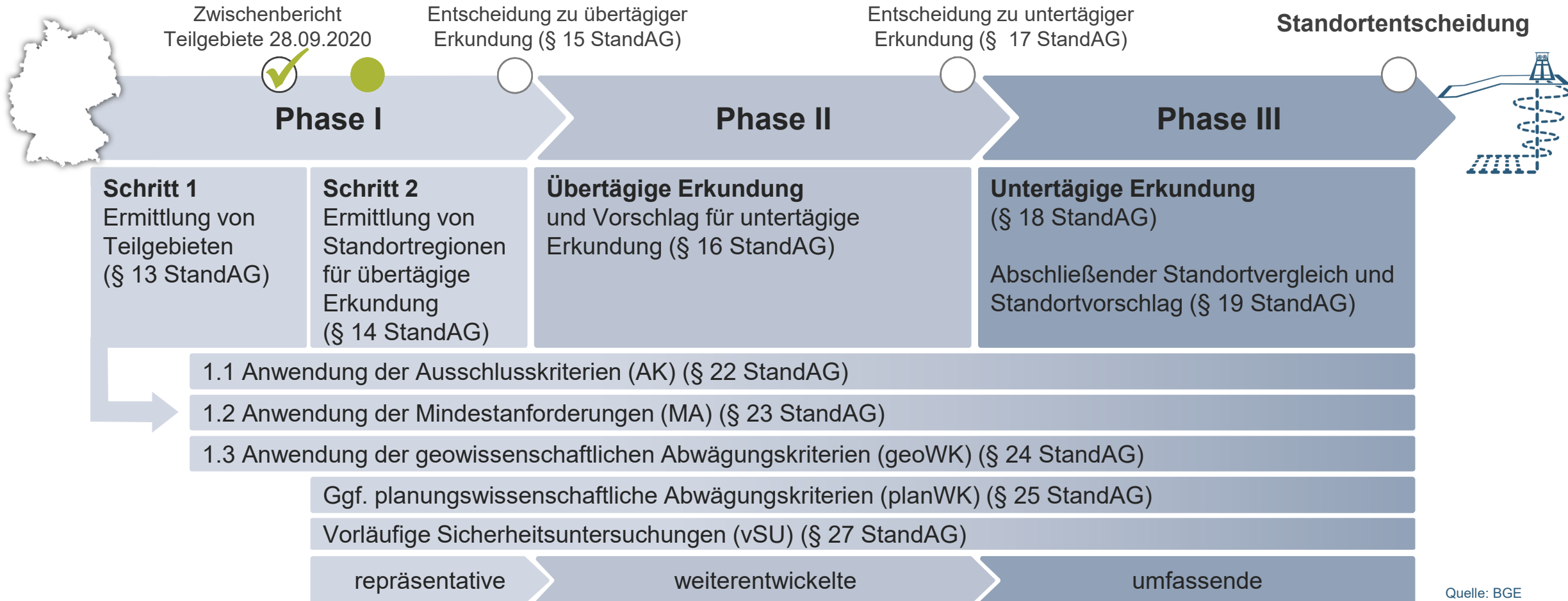


Quelle: BGE

- Standort in der Bundesrepublik Deutschland
- tiefengeologische Lagerung
- bestmögliche Sicherheit für einen Zeitraum von 1 Million Jahren
- Rückholbarkeit während des Einlagerungsbetriebes
- Bergbarkeit für 500 Jahre nach Verschluss des Bergwerkes
- Endlagerung von schwach- und mittelradioaktivem Abfall am Standort zulässig, wenn die gleiche bestmögliche Sicherheit des Standortes wie bei der alleinigen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gewährleistet ist
- partizipatives, wissenschaftsbasiertes, transparentes, selbsthinterfragendes und lernendes Verfahren

# STANDORTAUSWAHLVERFAHREN

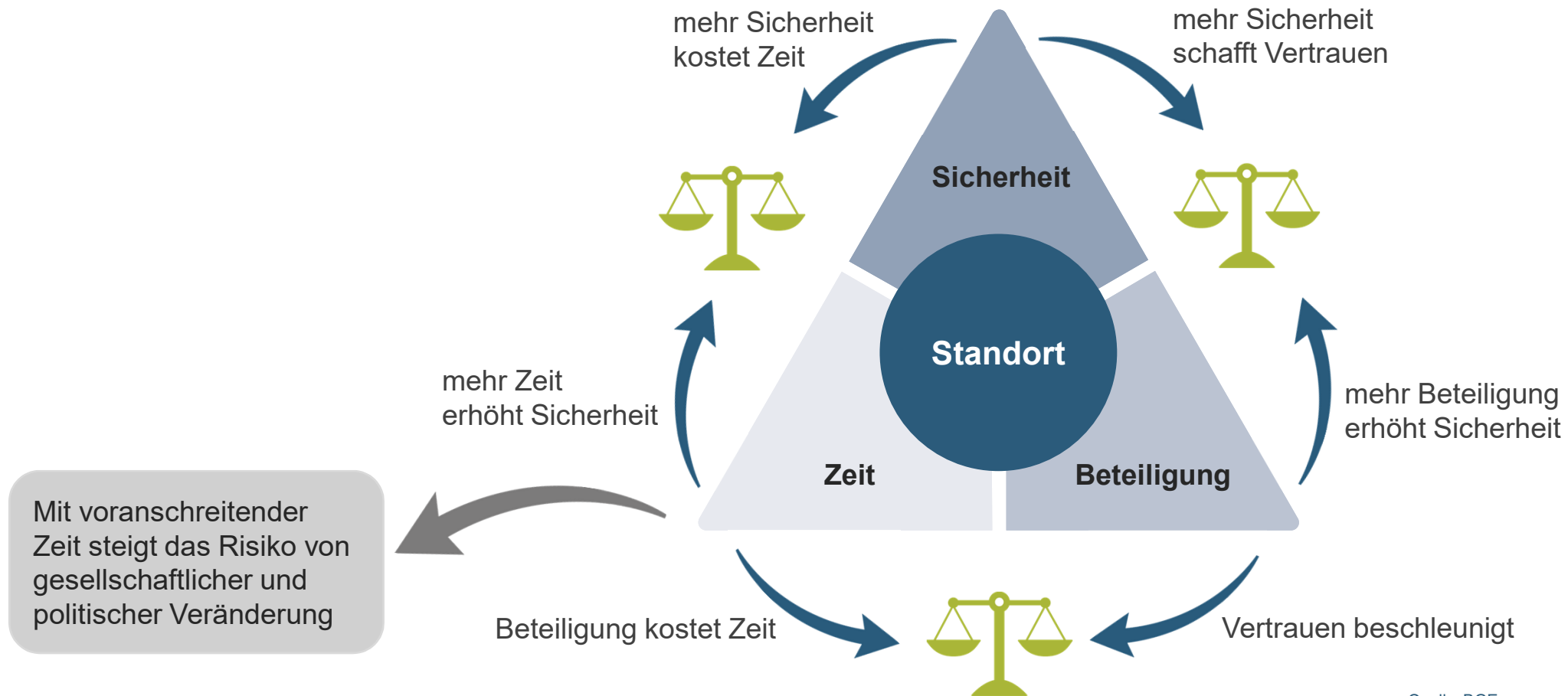
## Ablauf der Verfahrensschritte



Quelle: BGE

# STANDORTAUSSWAHLVERFAHREN

## Zieldreieck zur Endlagersuche



Quelle: BGE



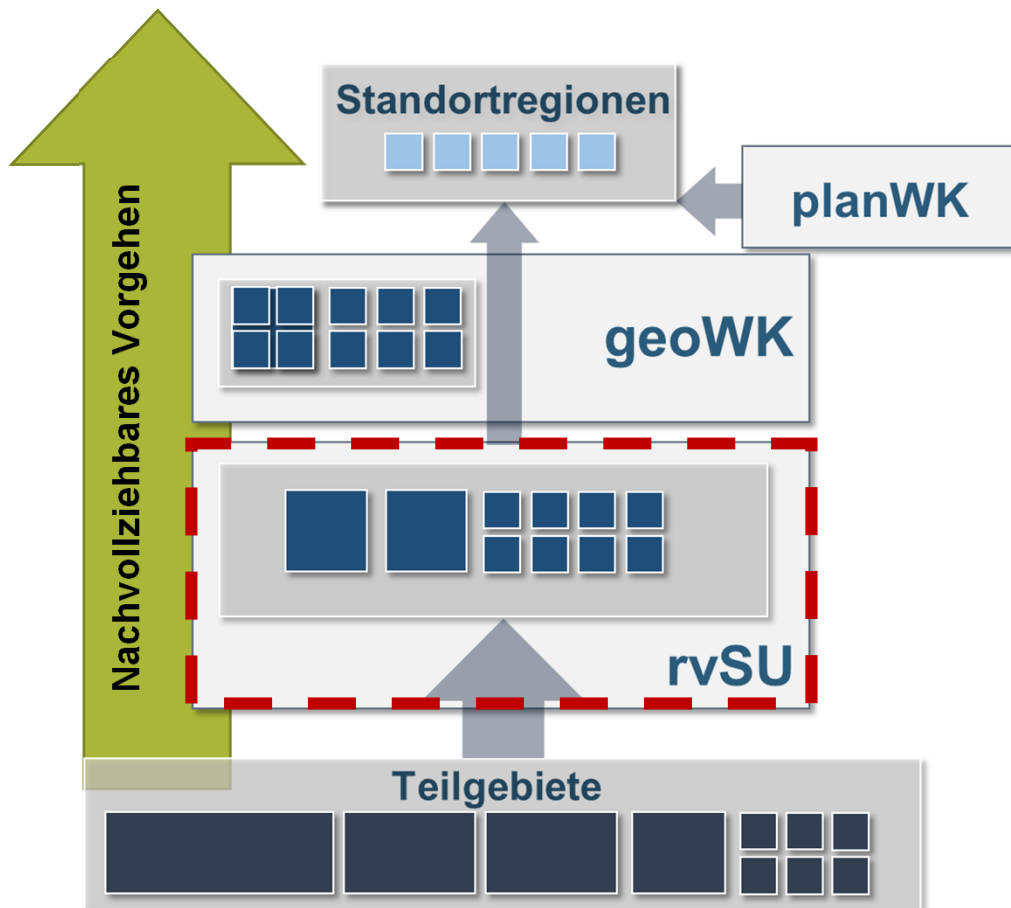


# REPRÄSENTATIVE VORLÄUFIGE SICHERHEITS- UNTERSUCHUNGEN

# 02

# VON TEILGEBIETEN ZU STANDORTREGIONEN

## Die rvSU als Baustein der Ermittlung von Standortregionen



Quelle: BGE

Anwendung der **planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien (planWK)** nach Maßgabe § 25 StandAG

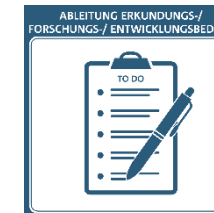
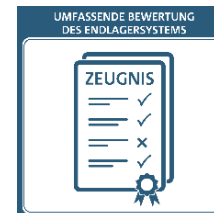
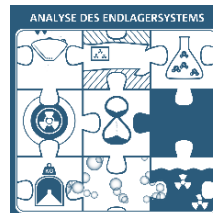
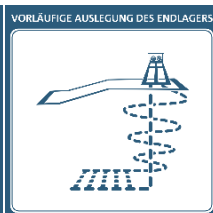
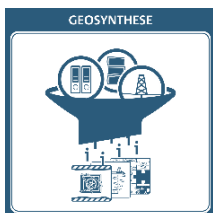
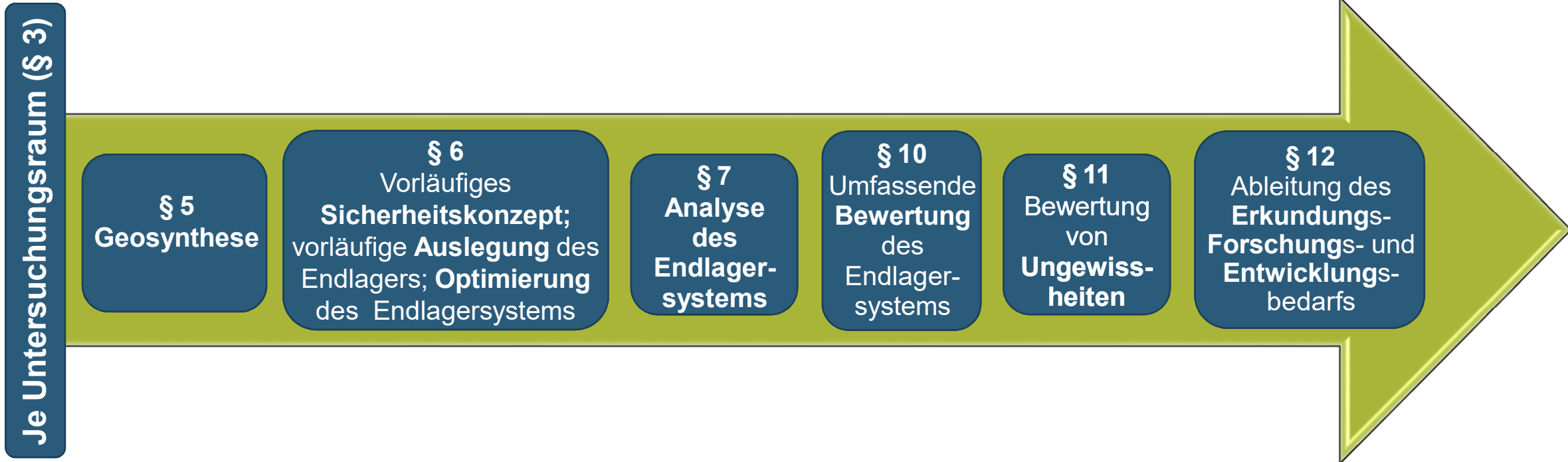
Parametrisierung und Bewertung der Relevanz von **geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK)** und deren Anwendung auf jeden Untersuchungsraum

Geowissenschaftliche Charakterisierung jedes Untersuchungsraums inklusive Anwendung der Ausschlusskriterien (AK) und Mindestanforderungen (MA)

Identifikation von **Untersuchungsräumen (UR)** und Anwendung der **repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchung (rvSU)** auf jeden Untersuchungsraum (UR)

# REPRÄSENTATIVE VORLÄUFIGE SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

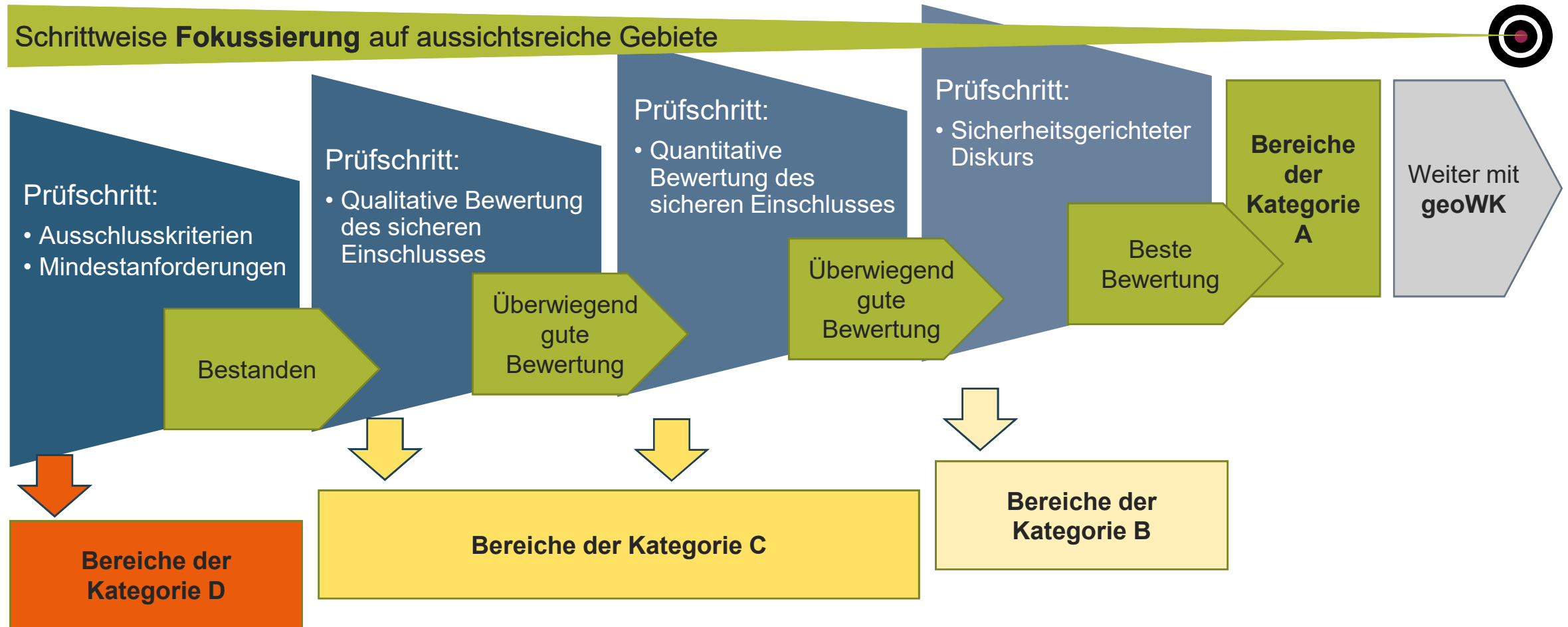
## Überblick der rvSU Bausteine nach EndlSiUntV



# REPRÄSENTATIVE VORLÄUFIGE SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

## Fokussierung auf Gebiete mit der besten Eignung

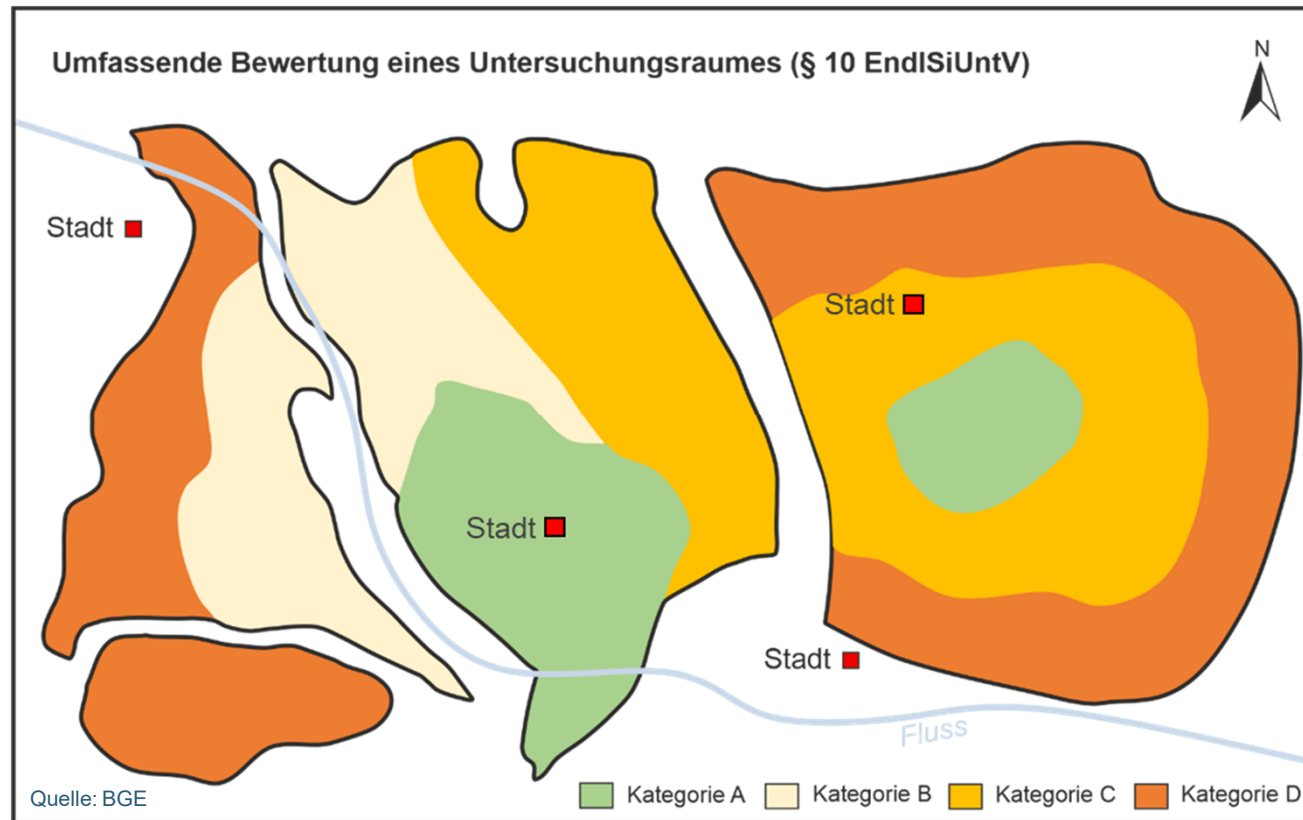
Schrittweise Fokussierung auf aussichtsreiche Gebiete





# REPRÄSENTATIVE VORLÄUFIGE SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

## Ergebnis der umfassenden Bewertung eines fiktiven Untersuchungsraums



Kategorien D bis A stellen Ergebnisse der umfassenden Bewertung (§ 10 EndlSiUntV) dar

- Bewertung aller Gebiete eines Untersuchungsraums
- Fokussierung der detaillierten Bearbeitung auf besonders geeignete Gebiete
- Transparente Darstellung und Dokumentation der Eignungsprüfung aller Gebiete





# PLANUNGS- WISSENSCHAFTLICHE ABWÄGUNGSKRITERIEN

# 03

# PLANUNGSWISSENSCHAFTLICHE ABWÄGUNGSKRITERIEN

## Die Rolle der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien



Quelle: BGE

### planWK sind Abwägungskriterien, keine Ausschlusskriterien

- Die Abwägung beinhaltet keine Bewertung der Langzeitsicherheit und der Betriebssicherheit des Endlagers

### planWK kommen nicht zwingend zur Anwendung





- Voraussetzung: Reduzierung Anzahl/Größe der Gebiete erforderlich, jedoch nicht weiter mit vSU und geoWK zu erreichen

**ZIEL: REDUZIERUNG GEBIETSGRÖSSE ODER ANZAHL UNTER  
BEACHTUNG GESELLSCHAFTLICHER NUTZUNGSANSPRÜCHE**

# PLANUNGSWISSENSCHAFTLICHE ABWÄGUNGSKRITERIEN




## Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien im Überblick

### Gewichtungsgruppe 1

- 1**  Abstand zu vorhandener bebauter Fläche von Wohngebieten und Mischgebieten
- 2**  Emissionen (zum Beispiel Lärm, Schadstoffe)
- 3**  oberflächennahe Grundwasservorkommen zur Trinkwassergewinnung
- 4**  Überschwemmungsgebiete



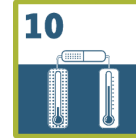

Betrachtung Nutzungsansprüche des Menschen

### Gewichtungsgruppe 2

- 5**  Naturschutz- und Schutzgebiete nach §§ 23 und 32 Bundesnaturschutzgesetz
- 6**  bedeutende Kulturgüter
- 7**  tiefe Grundwasservorkommen zur Trinkwassergewinnung

Betrachtung Nutzungsansprüche einzigartiger Natur- und Kulturgüter

### Gewichtungsgruppe 3

- 8**  Anlagen, die der zwölften Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes unterliegen
- 9**  Abbau von Bodenschätzen, einschließlich Fracking
- 10**  geothermische Nutzung des Untergrundes
- 11**  Nutzung des geologischen Untergrundes als Erdspeicher (Druckluft, CO<sub>2</sub>-Verpressung, Gas)

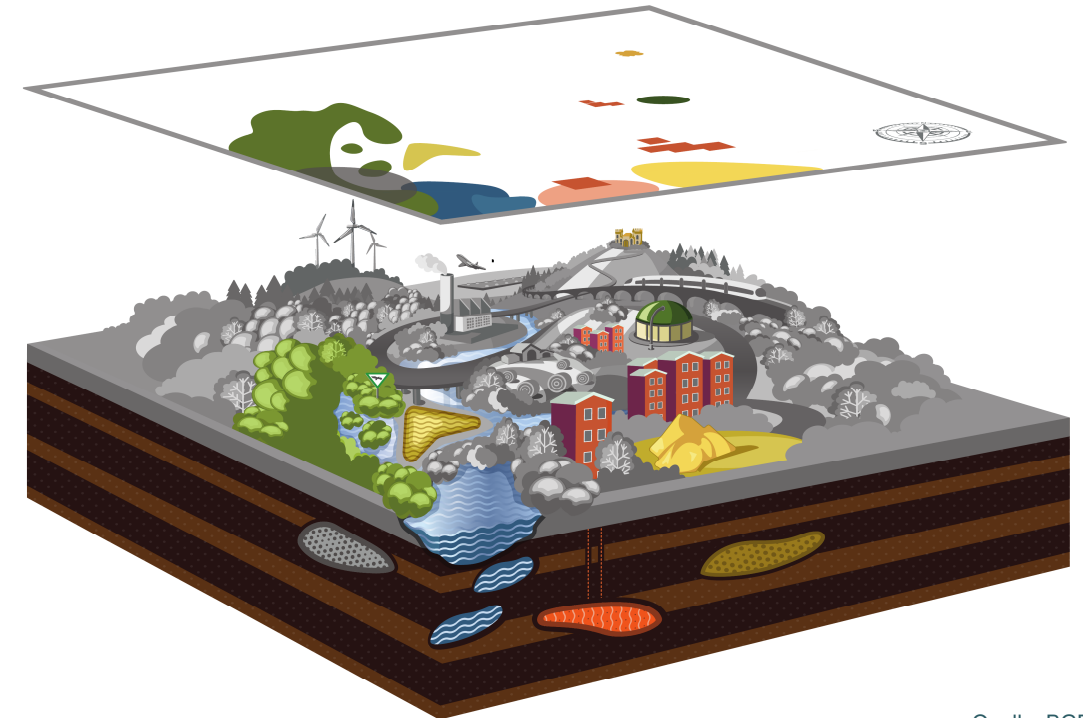
Betrachtung sonstige konkurrierende Nutzungen und Infrastruktur

# EINBLICK IN DIE METHODE

## Erste Entwicklungsetappe – Darstellung in der Fläche

### 1. Entwicklungsetappe – Methodenvorschlag zur **Darstellung** der einzelnen planWK in der Fläche

- **Voraussetzung schaffen** für die eigentliche Anwendung der planWK
- Darstellung der planWK soll **Nutzungsansprüche** an Fläche und Untergrund abbilden
- Voraussetzung für Anwendung der planWK: **nachvollziehbare**, auf **einheitlichem** Niveau erfolgte kartografische Darstellung der Nutzungsansprüche in Gebieten
- Für Anwendung der planWK muss sowohl jeweilige **Fläche** als auch **Untergrund** berücksichtigt werden



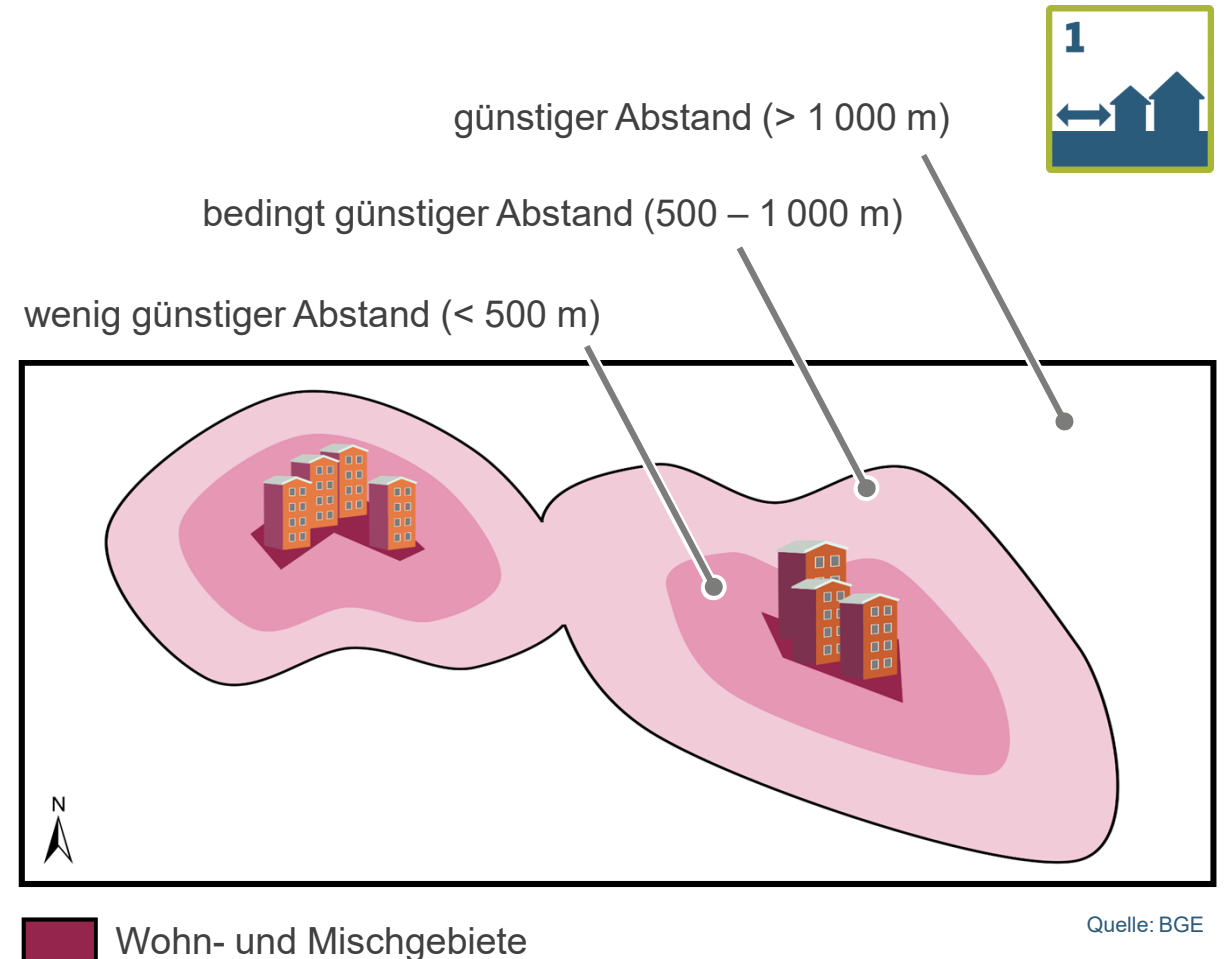
Quelle: BGE



# EINBLICK IN DIE METHODE

## planWK 1: „Abstand“

- **Untersuchungsgegenstand:**  
Wohngebiete und Mischgebiete
  - Nicht untersucht werden z. B. Industrie-, Gewerbe- und Sondergebiete
- **Datengrundlage Kriterienanwendung:**  
Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS)
- **Vorschlag zur Darstellung:**  
Ausweisung der Abstandsbereiche gemäß Anlage 12 (zu § 25) StandAG







# STANDORTBEZOGENE ERKUNDUNGSPROGRAMME FÜR ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNG IN PHASE II

# 04

# STANDORTBEZOGENE ERKUNDUNGSPROGRAMME FÜR ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNG IN PHASE II

## Ableitung der Erkundungsbedarfe

- Anforderungen gemäß StandAG
  - Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen, geoWK
- Anforderungen aus den rvSU und den wvSU
  - Parameter zur Bewertung der Sicherheit des Endlagersystems



Datenlage



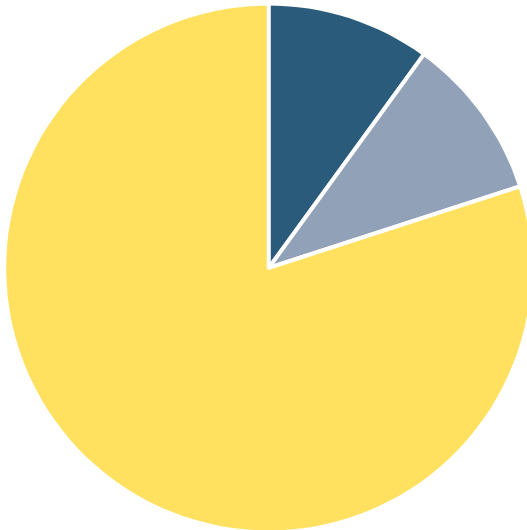
Erkundungs-  
bedarfe

Quelle: BGE

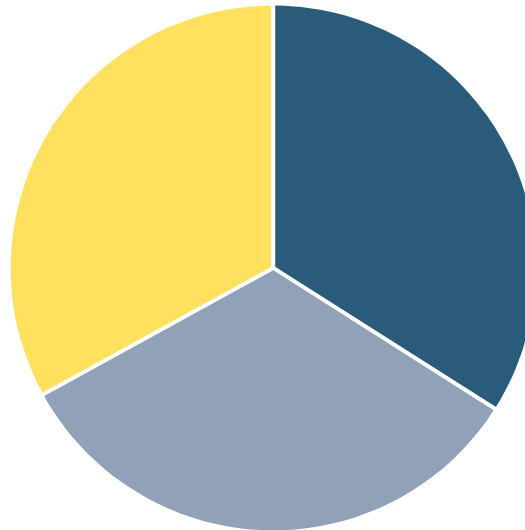
# STANDORTBEZOGENE ERKUNDUNGSPROGRAMME FÜR ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNG IN PHASE II

## Erkundungsbedarfe – Mögliche Szenarien „Vorhandene Datenlage vs. Erkundungsbedarfe“

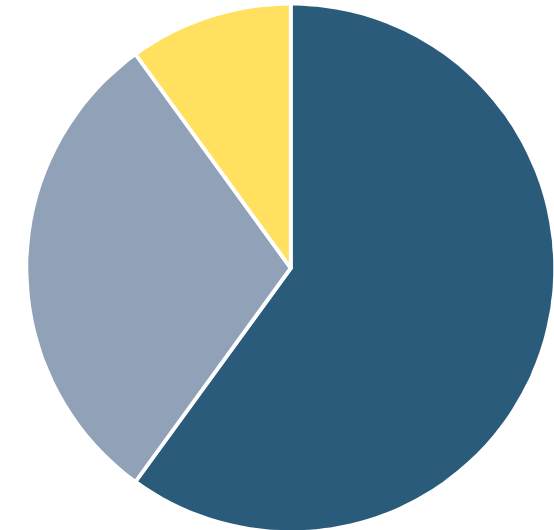
sehr gute Datenlage



gute Datenlage



mäßige Datenlage



■ Erkundungsbedarfe aus rvSU   ■ Erkundungsbedarfe aus den Anforderungen der wvSU   ■ vorhandene Datenlage



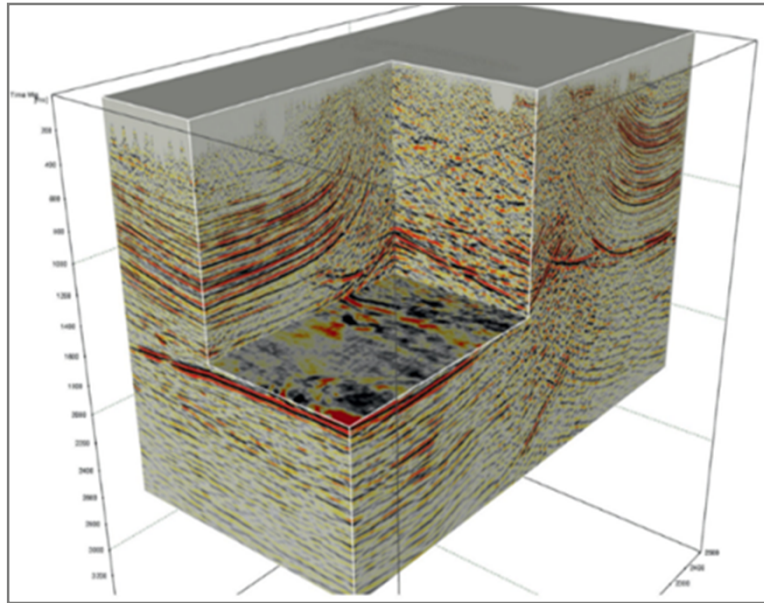
**VORHANDENE DATENLAGE BESTIMMT UMFANG DER ERKUNDUNGSPROGRAMME**

Quelle: BGE



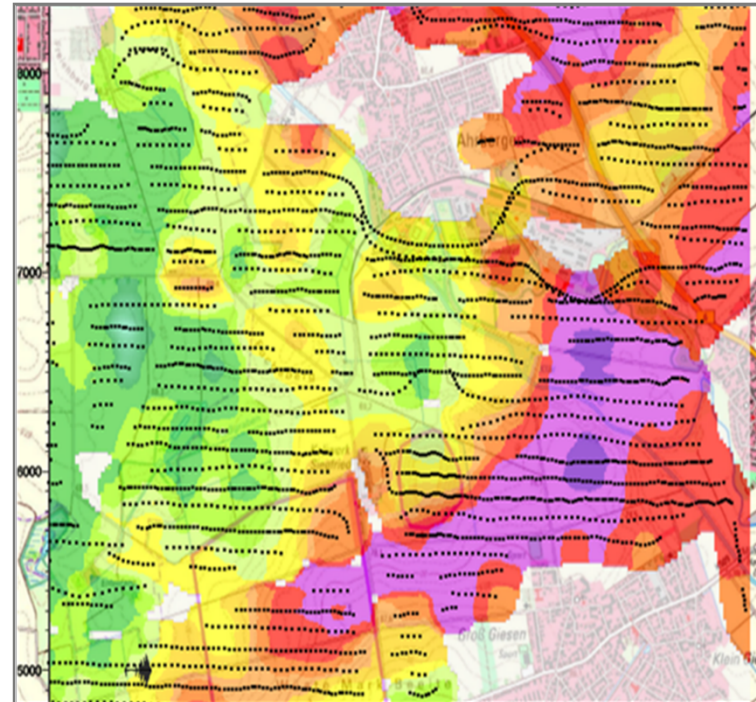
# VERFAHRENSGRUPPEN DER ÜBERTÄGIGEN ERKUNDUNG

## Seismische Verfahren



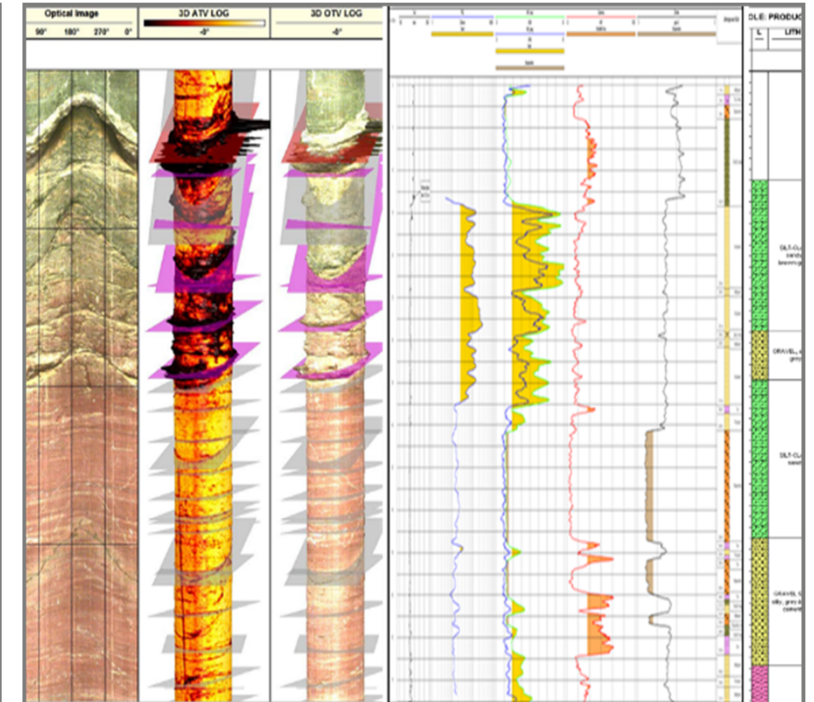
Quelle: BGE

## Potenzialverfahren



Quelle: Fugro

## Bohrungen/Bohrlochmessungen

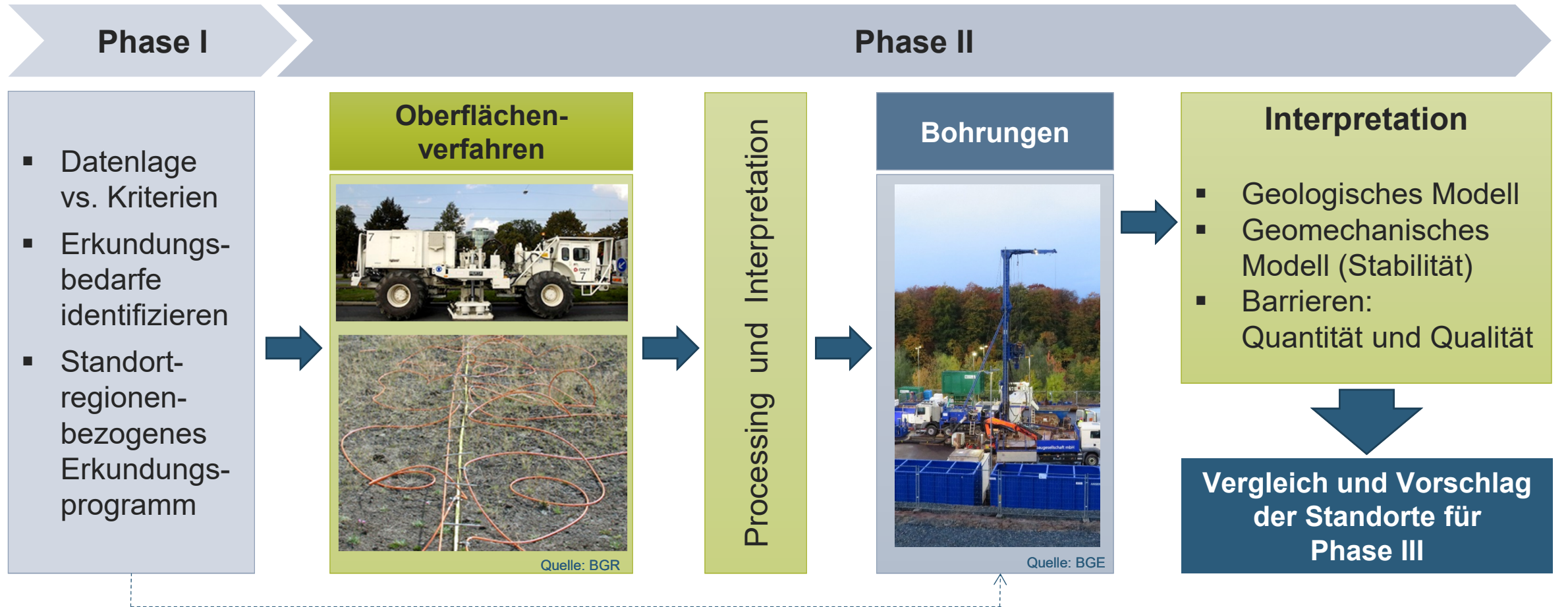


Quelle: Fugro



**ZUSAMMENSTELLUNG GEMÄß ERMITTELTEN ERKUNDUNGSBEDARFE**

# ÜBERTÄGIGE ERKUNDUNGEN IN PHASE II







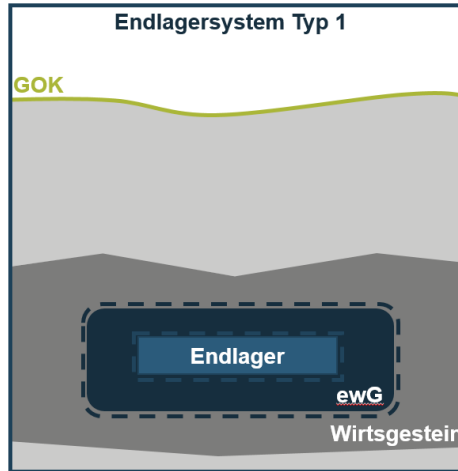
# ENDLAGERBEHÄLTER- ENTWICKLUNG

# 05

# EINFLUSS DER ENDLAGERSYSTEME AUF DIE ENDLAGERBEHÄLTERENTWICKLUNG

## Endlagersystemtypen

Endlagersystem  
Typ 1



Wirtsgestein

Steinsalz, Tongestein, Kristallingestein

Wesentliche Barriere

Einschlusswirksamer Gebirgsbereich (ewG)

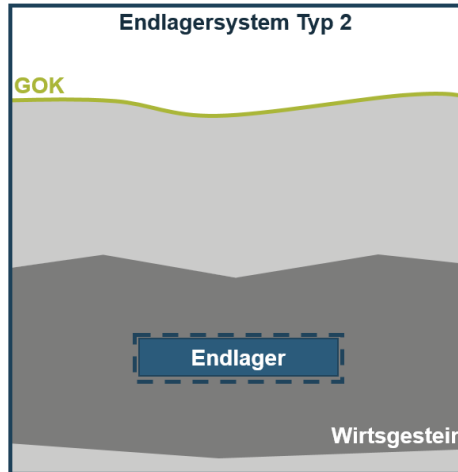
Einlagerungsbereich

Innerhalb eines ewG

Ausdehnung ewG

Radionuklidtransportberechnungen

Endlagersystem  
Typ 2



Wirtsgestein

Kristallingestein

Wesentliche Barriere

Technische und geotechnische Barriere

Wirtsgestein ist keine wesentliche Barriere

→ Nachweis der Behälterintegrität für 1 Million Jahre

Quelle: BGE

# GRUNDLEGENDE ANFORDERUNGEN AN ENDLAGERBEHÄLTER

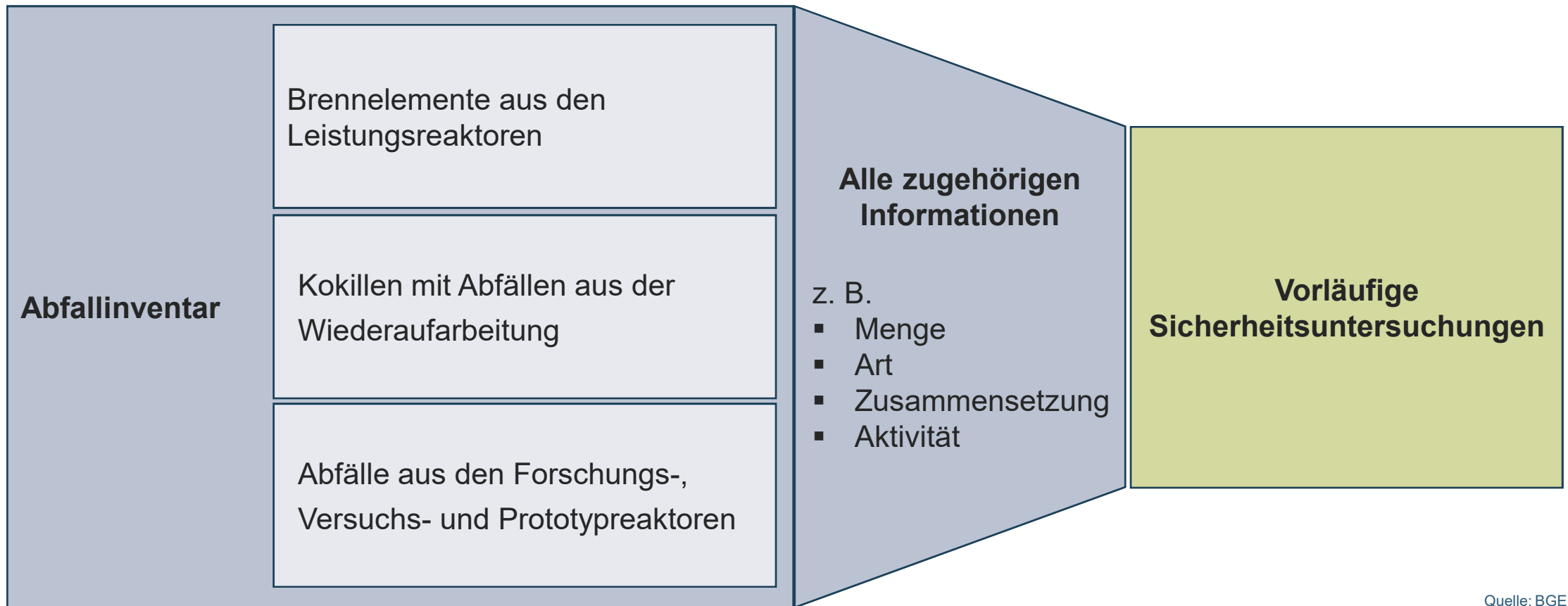
## Anforderungen und Lebenszyklus

Zuordnung der Behälteranforderungen zum Behälterlebenszyklus		Phasen des Behälterlebenszyklus						
		bis zur Einlagerung			Rückholbarkeit	Bergbarkeit	Bewertungszeitraum	
		Fertigung und Anlieferung	Beladung u. Kontrolle	Transport u. Einlagerung			Übergangsphase	Langzeitphase
Produktanforderungen	Abschirmung ionisierender Strahlung*	-	x	x	x	x	(x)	(x)
	Aufnahme der hochradioaktiven Abfälle	-	x	-	-	-	-	-
	Einschluss radioaktiver Abfälle und Integrität des Endlagerbehälters	-	x	x	x	x	(x)	(x)
	Handhabbarkeit	x	x	x	x	x	-	-
	Herstellbarkeit	x	x	-	-	-	-	-
	Identifizierbarkeit	-	x	x	x	x	-	-
	Kritikalitätsausschluss	-	x	x	x	x	x	x
	Robustheit*	-	x	x	x	x	(x)	(x)
	Temperatur an der Behälteraußenwand*	-	x	x	x	x	x	x
	Temperatur im Behälterinneren	-	x	x	x	x	x	x
Verträglichkeit mit anderen Barrieren	-	-	x	x	x	x	x	

x Anforderung muss erfüllt werden      (x) Erfüllung der Anforderung ist abhängig vom Konzept

# ABFALLINVENTAR

## Arten an hochaktiven Abfällen



Quelle: BGE

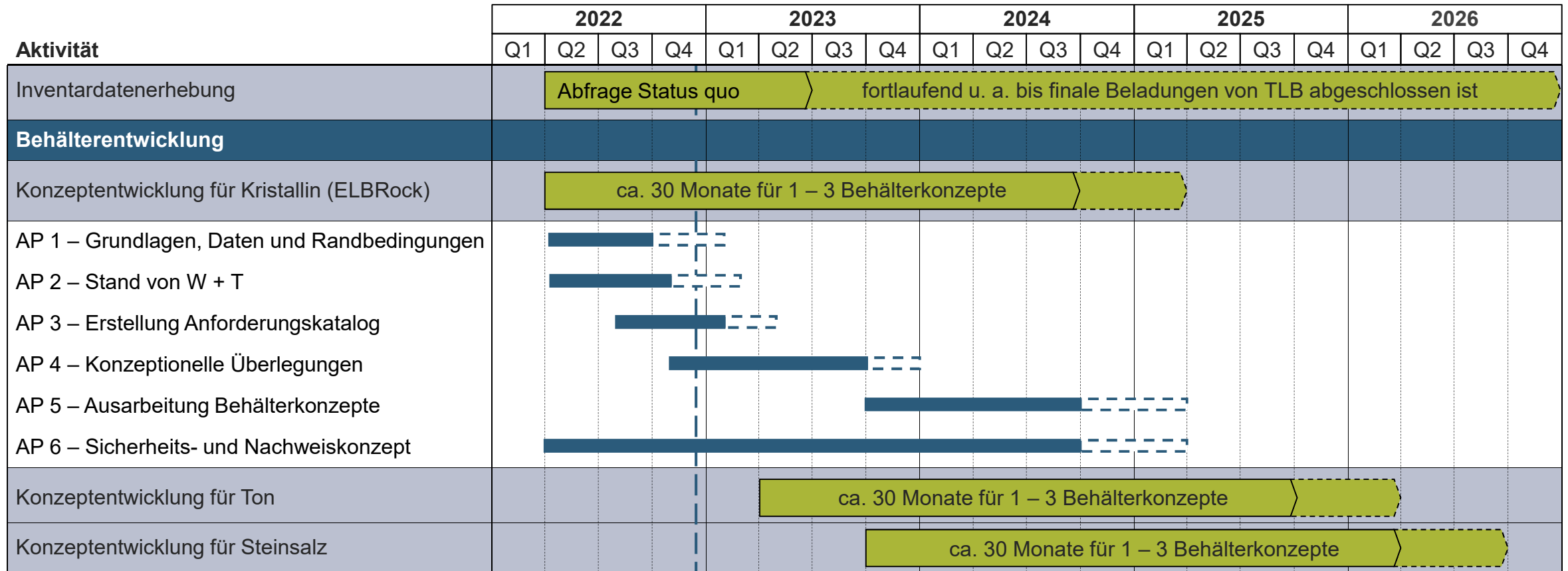
# ABFALLINVENTAR

## Für die rvSU zusammengetragenes Abfallinventar

Abfallart	Brennelemente aus den Leistungsreaktoren	Kokillen mit Abfällen aus der Wiederaufarbeitung	Abfälle aus den Forschungs-, Versuchs- und Prototypreaktoren
Inventar	12.450 DWR-BE* (UOX) 1.530 DWR-BE (MOX) 14.350 SWR-BE (UOX) 1.250 SWR-BE (MOX) 5.050 WWER-BE	bis zu 3.164 CSD-V 560 UK-HAW 140 WAK	288.161 AVR-BE 617.606 THTR-BE 2.413 KNK-II-BSt. 71 BSt. aus dem KfK 52 BSt. der „Otto Hahn“ ca. 150 FRM-II-BE ca. 120 BER-II-BE ca. 951 RFR-BE 89 FRMZ-BE
Quellen	VSG (2011)	BMU (2020), BMU (2021)	LABRADOR (2011), RESUS (2020), BMU (2020), BMU (2021)



# INDIKATIVER ZEITHORIZONT FÜR ENDLAGERBEHÄLTERKONZEPTENTWICKLUNGEN



15. Dez. 2022

# ENDLAGERBEHÄLTERENTWICKLUNG

## Besondere Herausforderungen

### Rückholbarkeit

- Bis zum Beginn der Stilllegung
- Technischer/zeitlicher Aufwand Rückholung darf den Aufwand Einlagerung nicht unverhältnismäßig übersteigen
- Technische Einrichtungen sind vorzuhalten (Rückholung ist zu planen)
- Behälterintegrität, Einschluss der radioaktiven Stoffe

### Bergbarkeit

- Bis 500 Jahre nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers
- Mechanische Stabilität/ Handhabung
- Bei Handhabung keine Freisetzung von radioaktiven Aerosolen
- Auffind-/Identifizierbarkeit, umfassende Dokumentation

### Kristallingestein ohne ewG

- Behälter und geotechnische Bauwerke als wesentliche Barriere
- Sehr hohe Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit über lange Zeiträume

# ENDLAGERBEHÄLTERENTWICKLUNG

## Weitere zu berücksichtigende Anforderungen

- Einschluss radioaktiver Abfälle und Integrität des Endlagerbehälters
- Temperatur im Behälterinneren
- Temperatur an der Behälteraußenwand
- Handhabbarkeit
- Abschirmung
- Kritikalitätsausschluss
- Störfallbetrachtungen
- Herstellbarkeit
- Prüfbarkeit
- Prognostizierbarkeit
- Robustheit
- Verträglichkeit mit weiteren Barrieren
- Beitrag zur Integrität des Endlagersystems

# ENDLAGERBEHÄLTERENTWICKLUNG

## Ziele und Inhalte

- Darstellung des **Standes von Wissenschaft und Technik** und Konkretisierung der **Anforderungen** an Endlagerbehälter
- Anpassung, Optimierung und Erweiterung vorhandener Endlagerbehälterkonzepte und Ideensammlung für neue Endlagerbehälterkonzepte unter Berücksichtigung der Anforderungen sowie **begründeter Vorschlag von ein bis drei weiterzuverfolgenden Konzepten (pro Wirtsgestein)**
- **Ausarbeitung/Detaillierung** der **ausgewählten Konzepte** (z. B. Maßnahmen zur Handhabung, Rückholung, Materialauswahl, Herstellbarkeit)
- **Sicherheits- und Nachweiskonzept** einschl. **Arbeitsprogramm** für (nachlaufende) **Nachweisführung** (z. B. zu Korrosionsuntersuchungen, Störfallbetrachtungen, Fügetechniken)

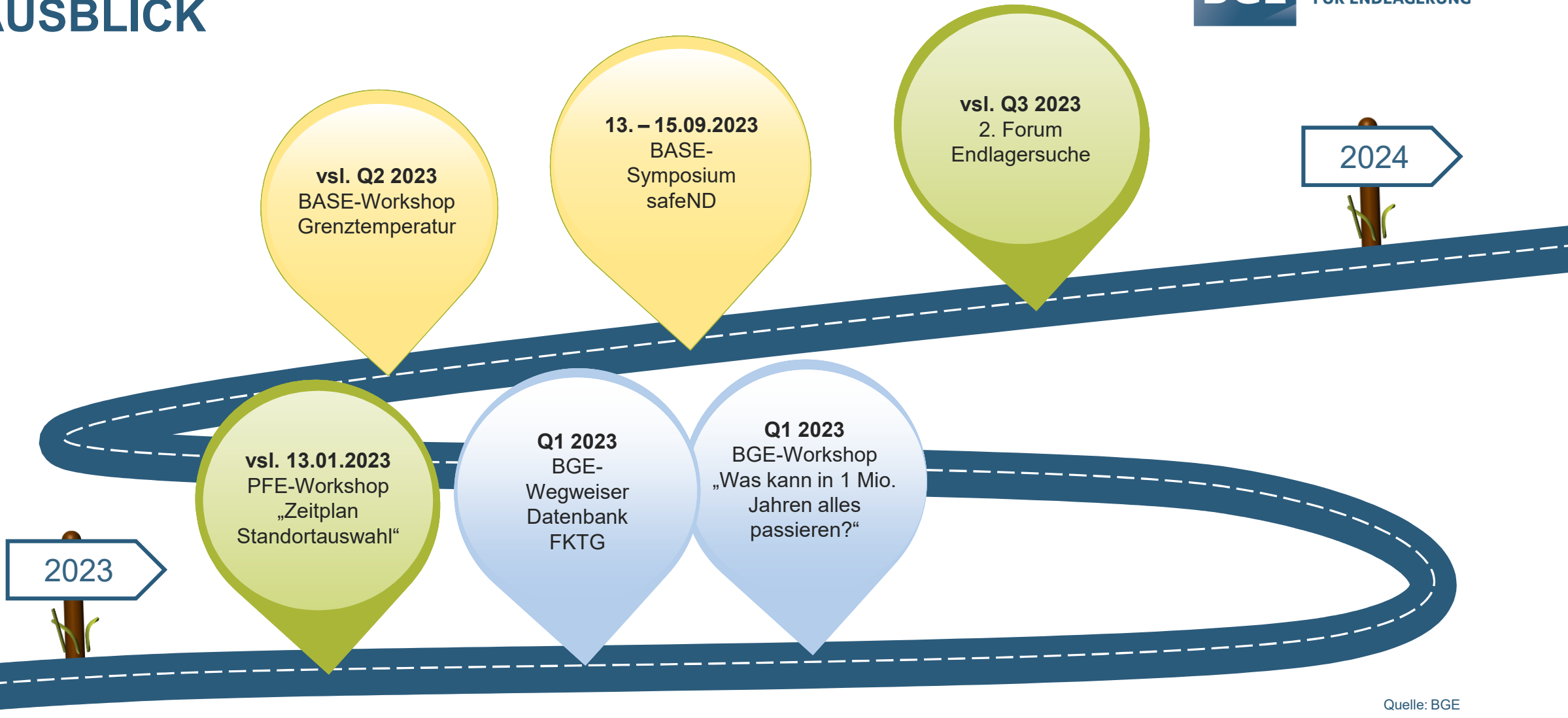
The image features three large, dark, crystalline mineral specimens, possibly hematite or magnetite, resting on a reflective surface. The crystals exhibit sharp, angular forms with visible cleavage planes. The background is a solid, dark blue-grey color. The text 'AUSBLICK' is overlaid in white, bold, sans-serif font across the middle of the image.

**AUSBLICK**

**06**



# AUSBLICK



Quelle: BGE

# VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT! SIE WOLLEN NOCH EINMAL NACHLESEN?



BUNDESGESELLSCHAFT  
FÜR ENDLAGERUNG

## Informationen zu Zwischenbericht Teilgebiete

[Die interaktive Einführung zur Erstellung des Zwischenberichts und zu allen Kriterien und Anforderungen](#)

[Den Zwischenbericht Teilgebiete mit allen Unterlagen und Anlagen](#)

[Eine eigene Seite zu jedem Teilgebiet](#)

[Eine interaktive Karte mit allen Teilgebieten und den ausgeschlossenen Gebieten](#)

## Informationen zu Stand Methodenentwicklung rvSU

[Steckbriefe für die Gebiete zur Methodenentwicklung](#)

[Veranstaltungsreihe auf YouTube](#)

[Überblick zu den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen](#)

[Konzept zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen](#)

## LITERATUR (1/2)

- BMU (2020): Bericht der Bundesregierung für die siebte Überprüfungskonferenz im Mai 2021 zur Erfüllung des Gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Bonn
- BMU (2021): Verzeichnis radioaktiver Abfälle (Bestand zum 31. Dezember 2019 und Prognose). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Berlin
- EndISiUntV: Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103)
- LABRADOR: Dörr, S., Bollingerfehr, W., Filbert, W. & Tholen, M. (2011): Status quo der Lagerung ausgedienter Brennelemente aus stillgelegten / rückgebauten deutschen Forschungsreaktoren und Strategie (Lösungsansatz) zu deren künftigen Behandlung / Lagerung. LABRADOR. Abschlussbericht. DBE TECHNOLOGY GmbH. Peine

## LITERATUR (2/2)

- RESUS (2020): Bertrams, N., Bollingerfehr, W., Eickemeier, R., Fahland, S., Flügge, J., Frenzel, B., Hammer, J., Kindlein, J., Liu, W., Maßmann, J., Mayer, K.-M., Mönig, J., Mrugalla, S., Müller-Hoeppe, N., Reinhold, K., Rübel, A., Schubarth-Engelschall, N., Simo, E., Thiedau, J., Thiemeyer, T., Weber, J. R. & Wolf, J. (2020): Grundlagen zur Bewertung eines Endlagersystems in flach lagernden Salzformationen bei einer höheren Auslegungstemperatur. RESUS. GRS - 570. BGE TECHNOLOGY GmbH, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH. Braunschweig. ISBN 9783947685561
- StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert worden ist
- VSG (2011): Peiffer, F., McStocker, B., Gründler, D., Ewig, F., Thomauske, B., Havenith, A. & Kettler, J. (2012a): Abfallspezifikation und Mengengerüst - Basis Ausstieg aus der Kernenergienutzung (Juli 2011). Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. GRS - 278. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Institut für Sicherheitstechnologie (ISTec) GmbH, international nuclear safety engineering (nse) GmbH. Köln. ISBN 9783939355542

# ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS ABFALLINVENTAR (1/2)

<b>AVR</b>	Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich
<b>BE</b>	Brennelement(e)
<b>BER II</b>	Berliner Experimentier-Reaktor II
<b>BSt.</b>	Brennstab, Brennstäbe
<b>CSD-V</b>	<i>Colis standard de déchets vitrifiés</i> , frz. Kokille für verglaste hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung
<b>DWR</b>	Druckwasserreaktor(en)
<b>FRM II</b>	Forschungsreaktor München II
<b>FRMZ</b>	Forschungsreaktor Mainz
<b>KfK</b>	Kernforschungszentrum Karlsruhe
<b>KNK II</b>	Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage II
<b>MOX</b>	Mischoxid



# ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS ABFALLINVENTAR (2/2)

<b>RFR</b>	Rossendorfer Forschungsreaktor
<b>SWR</b>	Siedewasserreaktor(en)
<b>THTR</b>	Thorium-Hochtemperaturreaktor
<b>UK-HAW</b>	<i>United Kingdom High-Activity Waste</i> , brit. Kokillen mit verglasten hochradioaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung
<b>UOX</b>	Uranoxid
<b>WAK</b>	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe
<b>WWER</b>	<i>Водо-водяной энергетический реактор</i> , sowj.-russ. Druckwasserreaktor(en)



## **BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG**

**LISA SEIDEL**  
Bereichsleitung  
Standortauswahl

**THOMAS BEVER**  
Abteilungsleitung  
Endlagerplanung

Peine | Eschenstraße 55 | 31224 Peine

[dialog@bge.de](mailto:dialog@bge.de)

**[www.bge.de](http://www.bge.de)**  
**[www.einblicke.de](http://www.einblicke.de)**



**[@die\\_BGE](https://twitter.com/die_BGE)**